



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO DEL CONTROL OCULOMOTOR EN NIÑOS NACIDOS PREMATUROS

AUTOR

ANASTASIYA BUTKO

DIRECTORES:

DRA. VICTORIA PUEYO ROYO

DR. JUAN PINILLA BOROBIA

DEPARTAMENTO: CIRUGÍA, GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA.

Facultad de ciencias, Grado de Óptica y Óptometría

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	2
FACTORES DE RIESGO RELACIONADOS CON NACIMIENTO PRETÉRMINO	2
COMORBILIDADES FRECUENTES EN NIÑOS PREMATUROS	2
HITOS EN LAS MEJORAS DEL MANEJO NEONATAL	3
TRASTORNO EN EL NEURODESARROLLO Y HABILIDADES COGNITIVO-VISUALES	3
EXPLORACIÓN VISUAL EN EDADES TEMPRANAS	4
FISIOLOGÍA DEL SISTEMA VISUAL, LOS MOVIMIENTOS OCULARES Y FIJACIÓN.....	6
TECNOLOGÍA DE EYE TRACKING	6
2. OBJETIVOS DEL TRABAJO.....	6
3. MATERIAL Y MÉTODOS	7
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO TRACKAI	7
DESCRIPCIÓN DEL TEST DE ESTABILIDAD DE LA MIRADA Y DE LOS PARÁMETROS OBTENIDOS	9
SELECCIÓN DE LA MUESTRA	10
VARIABLES DEL ESTUDIO	10
VARIABLES RELACIONADAS CON LA PREMATURIDAD	11
ANÁLISIS DE DATOS.....	11
4. RESULTADOS	12
5. DISCUSIÓN	20
INFLUENCIA DE LA PREMATURIDAD SOBRE EL CONTROL OCULOMOTOR	21
6. CONCLUSIONES.....	22
7. BIBLIOGRAFÍA.....	22
8.ANEXOS.....	24

1. Introducción

Se denomina parto pretérmino o prematuro aquel que sucede antes de las 37 semanas de gestación (< 259 días) y, en términos globales, supone el 6-10% de todos los partos. ¹

En las últimas décadas ha mejorado significativamente la supervivencia de los niños nacidos prematuramente. La continua mejora en las unidades de cuidados intensivos ha permitido paliar en gran medida las complicaciones asociadas a la prematuridad. ²

Muchos estudios afirman que la prematuridad es un factor de riesgo a la hora del desarrollo neurológico, por lo que un fallo en dicho desarrollo provoca alteraciones en los procesos cognitivos visuales. ³

Factores de riesgo relacionados con nacimiento pretérmino

Identificar las principales causas y factores de riesgo de nacimiento prematuro que se dan durante el embarazo permite iniciar cuanto antes las medidas de prevención y tratamiento dirigidas a evitar las altas tasas de morbilidad y mortalidad perinatal.

- Historia previa de embarazo prematuro.
- Infección bacteriana ascendente materna. Entidad que engloba la rotura prematura de membranas, corioamnionitis clínica, sangrado vaginal con desprendimiento amniocorial, infección del tracto urinario, dispositivo intrauterino (DIU) no extraído, placenta previa con sangrado vaginal, desprendimiento prematuro de placenta normoinsera (DPPNI), entre otros muchos.
- Embarazo múltiple. Se observa en 1 de cada 80 embarazos.
- Concepción a través de una fertilización in vitro.
- Hemorragia y desprendimiento de placenta.
- Preeclampsia. Provoca hipertensión arterial de la madre y proteinuria, insuficiencia uteroplacentar, crecimiento intrauterino retrasado (CIR), asfixia intrauterina, convulsiones maternas (eclampsia) y muerte materna. Es más frecuente en madres nulíparas, gestaciones gemelares, hipertensión crónica, obesidad, enfermedad renal e historia familiar previa de preeclampsia/eclampsia. El Sulfato de Magnesio se utiliza para prevenir la aparición de las convulsiones. ⁴

Comorbilidades frecuentes en niños prematuros

El nacimiento pretérmino está estrechamente asociado con las comorbilidades explicadas a continuación. Su riesgo de aparición está inversamente relacionado con la edad gestacional y el peso al nacer.

Hemorragia Intraventricular. Es la presencia de sangre en el sistema ventricular y la variedad más frecuente de hemorragia intracraneal en el recién nacido. Su diagnóstico mediante el ecógrafo ha permitido detectar fases subclínicas. Sus consecuencias más graves son la hidrocefalia (aumento de la presión intracraneal), el infarto hemorrágico periventricular y la necrosis neuronal pontina. La clasificación Ultrasonográfica establece cuatro grupos fundamentales:

- Grado I: Cuando el sangrado está localizado en la matriz germinal, sin o mínima hemorragia intraventricular.
- Grado II: El sangrado es intraventricular y ocupa entre el 10 y el 50 % del ventrículo.
- Grado III: El sangrado intraventricular es mayor del 50 % y el ventrículo lateral está distendido.

- **Grado IV:** a lo anterior se asocia hemorragia intraparenquimatosa. ⁵

Sepsis. Puede ser adquirida intraútero, durante el parto o después. Debida a unos sistemas inmunes inmaduros y relacionada con otras complicaciones como la enterocolitis necrotizante o la enfermedad de membrana hialina. Los tiempos prolongados de hospitalización también son fuente de sepsis nosocomiales. ⁶

Enterocolitis Necrotizante. Síndrome de daño intestinal. Su origen parece estar en un flujo sanguíneo intestinal comprometido y unas barreras mucosas e inmunes inmaduras. Constituye una emergencia por el alto riesgo de perforación, requiriendo en un 25-50 % de los casos intervención quirúrgica.

Enfermedad de Membrana Hialina. La insuficiente producción de surfactante en los alveolos inmaduros del prematuro provoca su colapso y un intercambio pobre de gases en los pulmones. La gravedad de esta patología y su manejo con aportación exógena de surfactante, oxigenoterapia y ventiloterapia son determinantes en la aparición complicaciones como el neumotórax, la **persistencia del ductus arterioso** y la **displasia broncopulmonar**. ⁷

Retinopatía del Prematuro. Causada por los efectos agudos y crónicos de la hiperoxia (toxicidad por oxígeno) en los vasos inmaduros de la retina del prematuro. ⁸ Si alcanza estadios avanzados y proliferativos sin recibir tratamiento puede ser causa de ceguera irreversible.

Hitos en las mejoras del manejo neonatal

El conocimiento ampliado y mejorado sobre la fisiopatología que caracteriza al prematuro ha supuesto un impulso al perfeccionamiento de su manejo en las UCIs neonatales.

La utilización del surfactante redujo la incidencia de enfermedad de membrana hialina, junto con la indicación precoz de CPAP nasal. El aislamiento y la antibioterapia reduce y acorta los cuadros de sepsis. La mejora en el manejo de la oxigenoterapia y ventiloterapia reduce las fluctuaciones bruscas en la saturación de oxígeno y la hiperoxia, ambas estrechamente relacionadas con la patogenia de la retinopatía del prematuro, la enterocolitis necrotizante y la enfermedad de membrana hialina.

Trastorno en el neurodesarrollo y habilidades cognitivo-visuales

La prematuridad presenta un pronóstico muy variable sobre el desarrollo cognitivo, con posibilidad de que el niño presente déficits sensoriales, discapacidad intelectual e incluso presentando retraso madurativo global o parálisis cerebral, quedando así secuelas neurológicas. ⁹

Muchos estudios hablan sobre que estos niños presentan rendimientos inferiores en las habilidades verbales y cognitivas visuales, así como: habilidades espaciales, análisis visual, habilidades visuo-motoras, atención y memoria visuales.

Dichas secuelas pueden pasar desapercibidas hasta la edad escolar y el menor presente problemas en el correcto aprendizaje. Es necesario aumentar los conocimientos en torno a este problema, intentando así poder solucionarlo antes de que el niño pretérmino o de bajo peso al nacer empiece a manifestar un incorrecto desarrollo neuronal.

Exploración visual en edades tempranas

Por otro lado, tiene una gran importancia la exploración visual en edades tempranas para la detección precoz de anomalías, pudiendo así solventarlas minimizando los efectos negativos.

En la exploración visual de la población pediátrica es muy importante la adaptación de los métodos utilizados para ésta en función de la edad y la capacidad de atención y reconocimiento de cada niño.

En las diferentes pruebas que vamos a comentar a continuación tenemos la desventaja de que dependen de la experiencia del examinador y sobre todo de la colaboración por parte del paciente.

Las pruebas existentes para evaluar la función visual de los niños preverbales son muy subjetivas puesto que se basan en su comportamiento ante determinados estímulos visuales:

Agudeza Visual

Es una prueba que se realiza para determinar la capacidad de distinguir e identificar el objeto más pequeño a una distancia determinada. Siempre que sea posible debe evaluarse de forma monocular, binocular, de lejos y cerca. El orden puede variar según la edad y colaboración del paciente. La medida de la AV de cada ojo, tomada con su mejor corrección, permite saber si existe o no ambliopía y si la visión binocular se puede desarrollar de forma normal. Para ello utilizamos los test de *resolución* y de *estimación* porque no requieren capacidad comunicativa del pequeño.¹⁰

Test de resolución

- Potenciales evocados visuales (PEV)

Es una prueba completamente objetiva y consiste en estudiar el cambio en el patrón eléctrico emitido por el cerebro a consecuencia de la estimulación de la retina mediante luz (estímulos visuales). Estas actividades eléctricas en el cerebro se detectan mediante electrodos colocados sobre el cráneo que registran la actividad en la región occipital del córtex visual cerebral.

- Test de mirada preferencial (TMP)

Valora la preferencia de fijación o dominancia ocular cuando hay un estrabismo o ambliopía monocular. Va a existir una preferencia de fijación con el ojo que mejor AV tenga.

Desventajas: es subjetivo, el niño/a se cansa y pierde la atención, difícil exploración monocular y requiere de experiencia por parte del examinador.

Este test se puede realizar con diferentes materiales como son:

- I. Franjas de Lea, consta de 4 paletas con patrones de rayas de distinta frecuencia y una paleta gris. Valora la AV (resolución).
 - II. Test de Teller, consta de 10 láminas. Una de ellas totalmente gris y los 9 restantes presentan en una mitad rayas blancas y negras (rejilla), con distintas frecuencias espaciales en cada lámina. Valora la AV (resolución).
 - III. Test de Cardiff, consta de una serie de tarjetas grises en las que hay un dibujo impreso en cada una de ellas (casa, coche, pato, etc.). Este dibujo se encuentra o en la parte de arriba de la tarjeta o en la parte de abajo. Valora la AV (reconocimiento) en niños de 1-3 años.
- Nistagmus optocinético (NOK).

Se define como oscilaciones rítmicas e involuntarias de los ojos producidas por estímulos que pasan delante del campo visual a una distancia constante.

Consta de dos fases: una lenta en la que los ojos siguen el estímulo (seguimiento). Cuando el estímulo sale del campo visual, los ojos realizan un movimiento sacádico para fijar nuevamente el estímulo, llamada fase rápida.

El tambor de nistagmo optocinético consiste en un cilindro con bandas de alto contraste que gira de forma lenta, provocando este nistagmo. Mediante el uso de bandas de distinta frecuencia se puede determinar el grosor mínimo que desencadena el nistagmo como aproximación a la agudeza visual.

Test de estimación

- Test de prisma vertical

Esta prueba consiste en que el niño mira fijamente un objeto y el examinador coloca un prisma de 10 dioptrías prismáticas (base inferior o superior) delante de uno de los ojos.

Con esto lo que le estamos creando es una diplopia o visión doble.

Si el bebé tiene una agudeza visual igual y dentro de los valores normales en ambos ojos, suele alternar la fijación con un ojo y el otro. El examinador observa si mueve los ojos hacia arriba y abajo alternativamente.

- Test de rechazo a la oclusión

Permite estimar si la visión es parecida en cada uno de los ojos, por comparación de la reacción del niño al tapar uno y otro. Si existe diferencia de visión, el bebé intentará quitar la mano del examinador (o llorará o tratará de retirarse) cuando se ocluya el ojo dominante.

Estos métodos utilizados en consulta, como se ha comentado antes, son muy subjetivos, debido a esta carencia de objetividad en las pruebas, se trata de validar otros métodos para evaluar la visión en edades tempranas, y así, poder obtener un diagnóstico precoz.

Como se cita en la conclusión del estudio realizado en Alabama (2017), por Pierrat V, Marchand-Martin L, Arnaud C: “En este estudio de recién nacidos prematuros, las tasas de supervivencia y supervivencia sin discapacidades neuromotoras o sensoriales severas o moderadas han aumentado durante las últimas dos décadas, pero estos niños siguen teniendo un alto riesgo de retraso en el desarrollo”.¹¹

En otro estudio realizado en Alabama (2010), por Roberts G, Anderson P y De Luca C se comenta que, “La alta prevalencia de resultados adversos del desarrollo neurológico en niños nacidos a las 22-27 semanas en comparación con los controles a término en edad escolar persiste e incluso puede aumentar con el tiempo”.¹²

Fisiología del sistema visual, los movimientos oculares y fijación

Durante los primeros años de vida se produce la maduración tanto del sistema visual como el sistema postural, ambos importantes a la hora del estudio de los movimientos oculares y de fijación.

A los movimientos de los ojos los denominamos motilidad ocular, los cuales, si son coordinados, precisos y suaves¹³, nos permiten percibir imágenes por cada ojo, las cuales se fusionan y son interpretadas por el cerebro como una imagen única y en tres dimensiones, lo que conocemos como visión binocular.

Dentro de la motilidad ocular nos encontramos con varios tipos de movimientos como son:

- **Movimientos sacádicos:** están desencadenados por la aparición de un estímulo en la periferia, son desplazamientos rápidos entre dos puntos de fijación y no pueden ser interrumpidos. Puede consistir en dirigir la mirada hacia el estímulo (prosacadas) pero también puede alejarse de él (antisacadas). Durante el movimiento (Horizontal, vertical y oblicuo) existe inhibición de la percepción visual.
- **Estabilidad de fijación:** cuando tenemos la mirada fija en un punto, la imagen se nos forma en la fovea (zona de mayor resolución espacial de la retina). Durante la fijación los ojos no permanecen completamente inmóviles, realizan constantes movimientos involuntarios (independientes para cada ojo) de una pequeña amplitud ($<1^\circ$). Fenómeno de desvanecimiento: se produce inmovilizamos completamente el ojo en la fijación, esperamos que la AV sería mayor debido a que eliminamos la borrosidad producida por los movimientos, sin embargo, obtenemos que la percepción de la imagen desaparece, esto es debido a que se produce la saturación de los fotorreceptores. La estabilidad de fijación se puede cuantificar mediante lo que se conoce como BCEA ((bivariate contour ellipse area) que consiste en el trazado de un área dentro de la cual se registra la máxima cantidad de puntos de fijación durante un tiempo de exposición al estímulo visual. A menos tamaño de BCEA, mejor será la estabilidad de fijación.¹⁴
- **Movimientos de seguimiento:** se trata de movimientos voluntarios que realiza el ojo para mantener la imagen de un estímulo en movimiento en fovea. Si existe un cambio de dirección brusco, se producen sacádicos de recuperación (sucede en vergencias). (150ms, $50^\circ/s$).¹⁵

Tecnología de Eye Tracking

En este estudio se utilizó un prototipo del dispositivo DIVE (Device for an Integral Visual Examination) para cuantificar la estabilidad en la fijación durante periodos cortos y largos. Este dispositivo consiste en un eye tracker basado en luz infrarroja que recoge los movimientos oculares que realiza el sujeto explorado mientras atiende a una serie de animaciones mostradas en una pantalla de alta resolución.¹⁶

2. Objetivos del trabajo

Comparar la estabilidad en la fijación de la mirada y comportamiento oculomotor de niños nacidos pretérmino con niños nacidos a término a partir de la información obtenida en una exploración oftalmológica y un test basado en un sistema de Eye Tracking.

3. Material y Métodos

El conjunto de datos analizado fue obtenido a partir del proyecto TrackAI.

Descripción del proyecto TrackAI

Se trata de un estudio coordinado por el Grupo de Investigación en Visión, Imagen y Neurodesarrollo del Instituto de Investigación Sanitaria de Aragón (IIS).

OBJETIVOS

Desarrollar un sistema basado en algoritmos de inteligencia artificial para identificar niños con problemas visuales utilizando los test visuales implementados en DIVE.

FASES DEL ESTUDIO

1. Diseño de un examen visual ejecutado en DIVE que sea capaz de recoger información binocular y monocular del control oculomotor, la agudeza visual, la sensibilidad al contraste y la percepción de colores.
2. Exploración oftalmológica realizada por un oftalmopediatra que permita clasificar a los sujetos del estudio con *desarrollo visual normal* o *anormal*, etiquetando aquellos que califiquen para anormal en otras subcategorías como *error refractivo significativo*, *opacidad de medios*, *trastorno de retina*, *trastorno de nervio óptico*, *trastorno visual cerebral posterior*, *estrabismo* y otros.
3. Diseño y desarrollo de una red neuronal que permita obtener resultados de probabilidad de tener una función visual monocular y binocular normal para la edad a partir del test implementado en DIVE.
4. Enfrentar los resultados obtenidos por los algoritmos de inteligencia artificial a partir de los datos de DIVE con los resultados diagnósticos obtenidos por el oftalmopediatra.

LUGAR DEL ESTUDIO

El reclutamiento se realizó en varios centros a lo largo del mundo: México, Vietnam, Hong Kong y España. El centro coordinador se localizó en el Hospital Universitario Miguel Servet de Zaragoza.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Se incluyeron a niños entre los 6 meses y los 14 años capaces de mantener la fijación en un cubo de Lang y que los padres firmaran el consentimiento informado.

Se excluyeron aquellos sometidos a cirugía previa ocular, muscular u orbitaria y los que no tuvieran un estado de salud general adecuado para realizar el examen oftalmológico completo o el test visual con DIVE.

EXPLORACIÓN OFTALMOLÓGICA

La evaluación realizada por el oftalmopediatra recogió los siguientes parámetros:

- Control oculomotor: fijación, seguimiento y movimientos sacádicos.
- Agudeza visual sin corrección monocular
 - LEA grating test entre los 6 meses y los 2 años.
 - LEA symbols chart a 3 m entre los 2 y los 4 años.
 - ETDRS visual acuity chart a 3 m a partir de los 5 años.
- Agudeza visual sin corrección monocular a 65 cm con LEA symbols chart para visión próxima.
- Alineamiento ocular: test de Hirschberg y cover test.

- Motilidad ocular: ducciones y versiones.
- Evaluación de estereopsis: test de Titmus.
- Reflejo rojo.
- Examen de polo anterior con lámpara de hendidura y de polo posterior con oftalmoscopio.
- Refracción bajo cicloplejia.

EXAMEN VISUAL CON DIVE

DIVE (Devices for an Integral Visual Examination) es un dispositivo digital médico que permite examinar la función visual en pacientes no colaboradores. Se compone de una pantalla táctil de alta resolución que proporciona los estímulos visuales y de un sistema de eye tracking acoplado en la parte inferior que permite detectar la respuesta de la mirada del paciente a los estímulos proporcionados por la pantalla. (*Automatic Exploration of the Visual Function - DIVE-Medical*, <https://dive-medical.com/>)

El examen se realiza en condiciones de oscuridad con una ligera iluminación indirecta que surge de la parte trasera del dispositivo. El sujeto (sin gafas) permanece sentado (en niños más pequeños sobre las piernas del progenitor) manteniendo una distancia de 65 cm a la pantalla posicionada a la altura de la mirada. El ambiente de la sala debe ser de silencio y aislamiento.

El examinador da las instrucciones previas al inicio de la exploración y apoya en cada momento la ejecución de ésta corrigiendo las incidencias que puedan surgir.



Protocolo de exploración

Al inicio se realiza una calibración que permite asegurar la adecuada detección de los ojos del paciente. Una vez superado, se lanza la secuencia de test que componen el protocolo de exploración. A continuación, se muestra el diagrama organizado en 4 bloques:

BLOQUE I. Comienzo binocular.

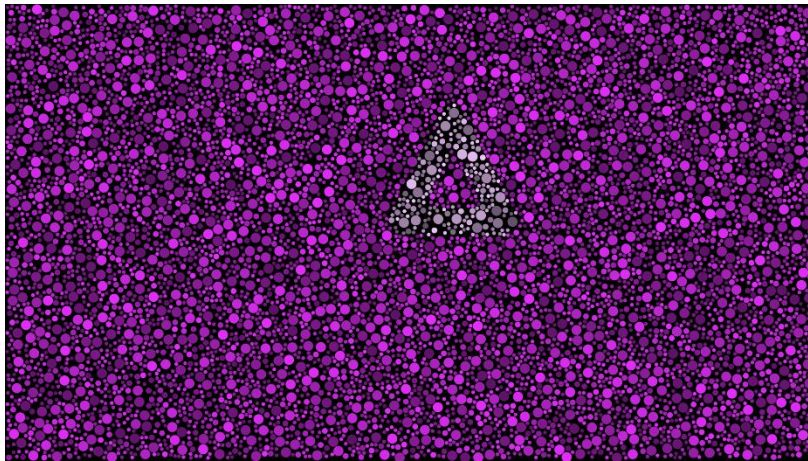
- Fijación de 3 segundos
- Fijación de 10 segundos
- Seguimiento

BLOQUE II. Etapa monocular, primer ojo (elegido aleatoriamente).

- Fijación de 10 segundos
- Agudeza visual
- Sensibilidad al contraste
- Fijación de 3 segundos
- Seguimiento

BLOQUE III. Etapa monocular, segundo ojo. Mismos test que el bloque previo.

BLOQUE IV. Test de color binocular.



La duración estimada del protocolo es de 10-15 minutos, dependiendo de la colaboración del paciente.

Descripción del test de estabilidad de la mirada y de los parámetros obtenidos

Para capturar la estabilidad de la mirada tomamos como test principal la información del test de fijación y seguimiento de 3 segundos binocular.

El objeto de fijación en el test de fijación y seguimiento es una abeja que muestra la pantalla. Comienza con la aparición central del objeto durante 3 segundos y continua con 8 estímulos sucesivos periféricos y aleatorios de 3 segundos de duración y separados una distancia de 9.26 grados.

Los parámetros obtenidos por el eye tracker en estos test se concretan en las siguientes variables:

BCEA: La estabilidad de la fijación fue cuantificada utilizando la BCEA (Bivariate Contour Ellipse Area) que es el cálculo del área (en grados cuadrados) de la elipse que contiene un porcentaje (62,8 %) de los puntos de fijación medidos con el eye tracker. Su cálculo se completa con la siguiente ecuación:

$$BCEA(deg^2) = X^2 \pi S_H S_V (1 - \rho^2)^{1/2}$$

$X^2 \rightarrow$ corresponde con X^2 con $P=0.95$ (2 SD)

S_H y $S_V \rightarrow$ desviaciones típicas de los movimientos oculares en vertical y horizontal

$\rho \rightarrow$ coeficiente de correlación Pearson de los movimientos oculares en horizontal y vertical.

Por lo tanto, a menor valor de BCEA, mejor estabilidad de la fijación.

En nuestro análisis se obtuvieron dos mediciones diferentes de la BCEA. Por un lado, la sBCEA que mide el área dentro del estímulo de fijación y fuera de él, de los 2 segundos centrales del estímulo. Con esta medida se pretende representar la estabilidad de la mirada. La fBCEA mide el área exclusivamente dentro del estímulo, es decir, recoge exclusivamente las fijaciones que se producen sobre el estímulo mostrado y no las que se escapan del mismo, también durante los 2 segundos centrales de los 3 que se muestra.

Duración media de fijación: Tiempo medio de duración de las fijaciones.

Tiempo de reacción de la sacada (TRS): Tiempo promedio de todas las mediciones realizadas entre el inicio del estímulo en pantalla y la reacción de la mirada.

Selección de la muestra

Para este trabajo se ha seleccionado la muestra nacidos pretérmino (< 37 semanas de gestación) y se ha comparado con el resto de la muestra una vez eliminados los niños con crecimiento intrauterino retrasado (CIR).

Variables del estudio

Procedentes del estudio Track AI se utilizarán las siguientes variables para la descripción de las muestras:

- Variables demográficas: sexo, edad gestacional (EG), peso al nacer (PN), edad en el momento de realizar la exploración (aplicando el factor de corrección en los prematuros), raza y color de ojos.
- Variables de la exploración oftalmológica:
 - Agudeza visual. El método y optotipo empleado fue variable en función de la edad y la colaboración del paciente.
 - LEA grating test medido en ciclos por grado, casi siempre en binocular y hasta 2 años
 - LEA a 3 metros monocular entre los 2 y los 4 años.
 - ETDRS a 3 metros monocular a partir de los 5 años.
 - LEA a 65 cm
 - Control oculomotor
 - Fijación. Como se indica en los criterios de inclusión, una fijación binocular adecuada es un prerequisite para poder continuar el protocolo. La fijación se califica según su calidad (estable, moderada o mala), su localización (central o excéntrica) y duración (mantenida o esporádica).
 - Presencia de nistagmo espontáneo o a la oclusión.
 - Seguimiento
 - Sacadas. Calificadas por su tiempo de reacción (normal o prolongado) y precisión (normal o imprecisa).
 - Alineamiento ocular. En nuestro trabajo distinguimos entre aquellos sujetos sin ninguna corrección al Cover-Uncover y aquellos que presentaran tropia o foria.
- Variables de la hoja de recogida de diagnósticos:

- Valoración oftalmológica normal. Es la casilla que queda marcada en ausencia de otros diagnósticos. Son niños que no presentan una afección oftalmológica o visual reseñable. En esta categoría se incluyen errores refractivos leves:
 - Miopía menor de -2 D
 - Hipermetropía menor de + 5 D
 - Astigmatismo menor de 2.5 D
 - Anisometropía menor de 2 D de equivalente esférico.
- Desarrollo visual normal. Cuando el diagnóstico oftalmológico no condiciona la función visual normal del sujeto.
- Variables proporcionadas por los test de fijación y seguimiento de DIVE:
 - **Test binocular de 3 segundos con los resultados del ojo derecho:** media de sBCEA, media de fBCEA, media de duración de la fijación y tiempo de reacción de la sacada.

Variables relacionadas con la prematuridad

Se revisó la historia clínica de una parte de la muestra obtenida de prematuros a la que se tenía acceso por pertenecer al sector sanitario del grupo de investigación. Se recogieron los siguientes datos:

- **Factores de riesgo de prematuridad:**
 - Fecundación in vitro
 - Gestación Múltiple
 - Infección de la madre
 - Tratamiento de la madre con sulfato de magnesio por cuadro de eclampsia
- **Complicaciones asociadas a la prematuridad**
 - Displasia broncopulmonar
 - Gradación ecográfica transfontanelar
 - Retinopatía óptica del prematuro
 - Alteración en el neurodesarrollo posterior

Análisis de Datos

Para el análisis del conjunto de datos se empleó el programa estadístico Stata en su versión 15. Se mostraron los datos de forma descriptiva y segmentados por sexo y edad. Se obtuvo el estadístico de contraste χ^2 de Pearson para concluir la asociación de las variables exploradas con pertenecer al grupo control o prematuro. La comparación de las variables del EyeTracker se ajustó por edad con un análisis de regresión lineal múltiple.

4. Resultados

Durante el periodo de estudio se recogieron datos de 1671 niños, de los cuales 343 fueron prematuros (20,5 %) y 1328 controles (79,5 %).

Distribución por sexo y edad

La media de edad del grupo de prematuros fue de 5,16 años y la del resto de 8,44 años.

En la fig.1 y la fig.2 muestra la distribución de frecuencias de sexo y edad (agrupada) en cada una de las muestras.

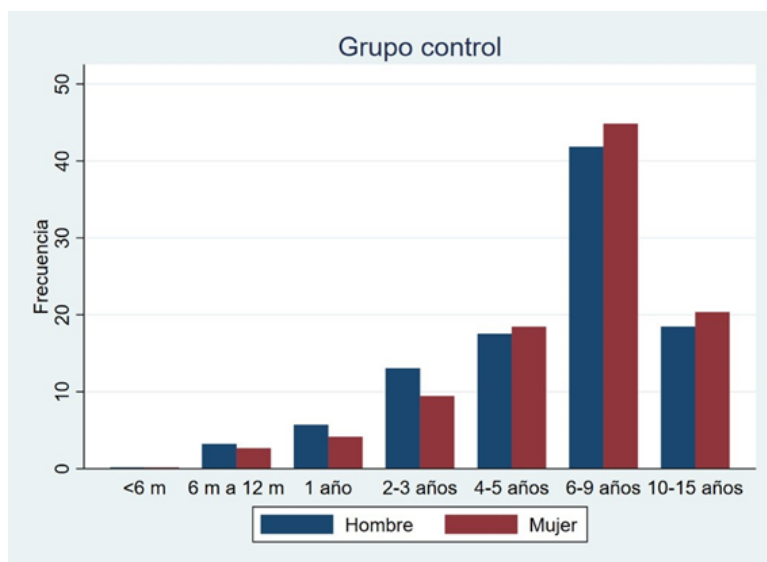


fig. 1 Distribución de frecuencias de sexo y edad(agrupada) en el grupo control

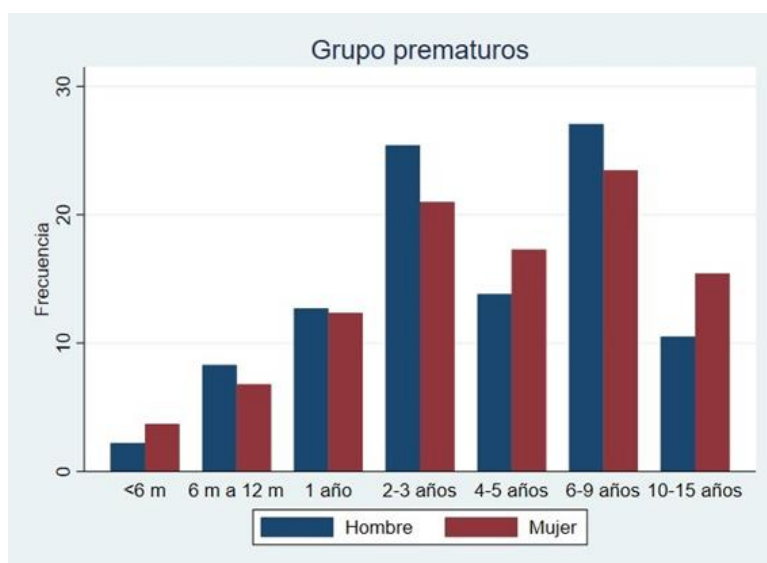


fig. 2 Distribución de frecuencias de sexo y edad (agrupada) en grupo prematuros

Distribución de la edad gestacional y el peso al nacer en cada grupo de edad

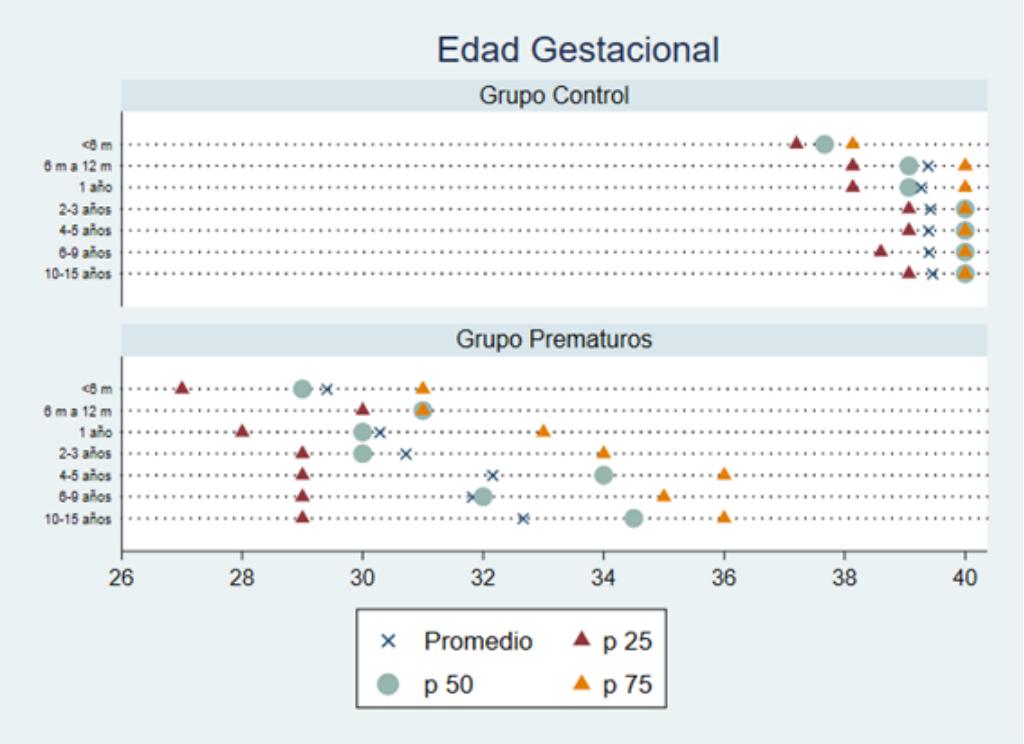


fig. 3 Distribución de la edad gestacional en cada grupo de estudio

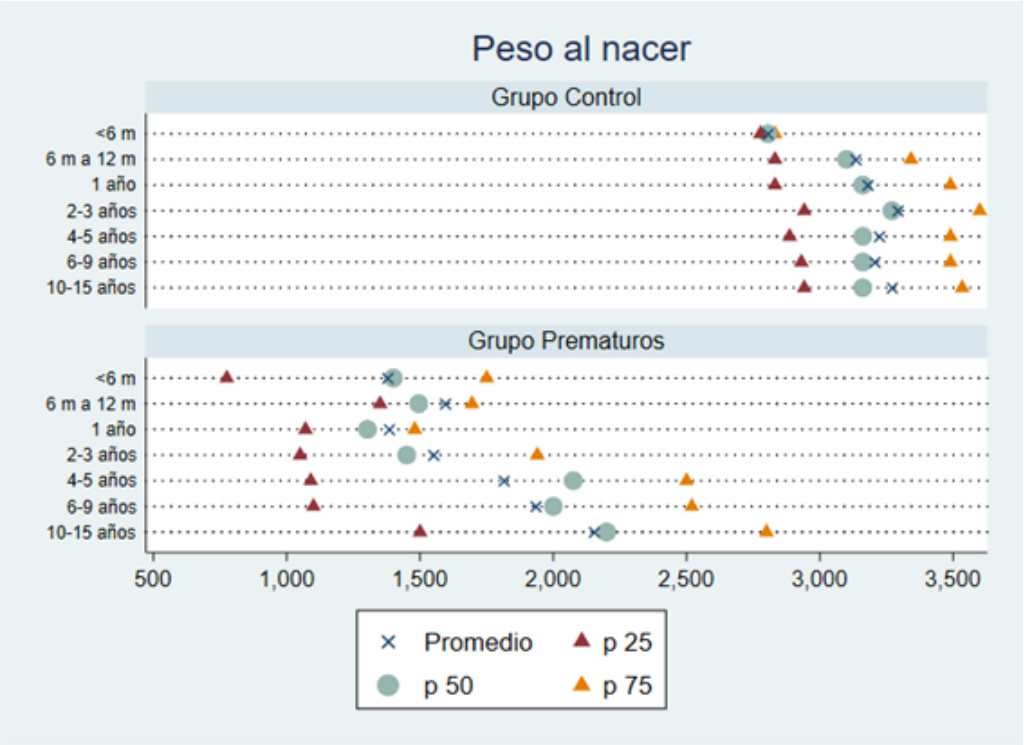


fig. 4 Distribución del peso al nacer en cada grupo de estudio

Se puede observar una dispersión más amplia y variable en el grupo de los prematuros, tanto en la edad gestacional fig.3 cómo en el peso al nacer fig.4.

La fig.5 muestra la nube de puntos que posiciona a cada sujeto en su peso al nacer (PN) y edad gestacional (EG).

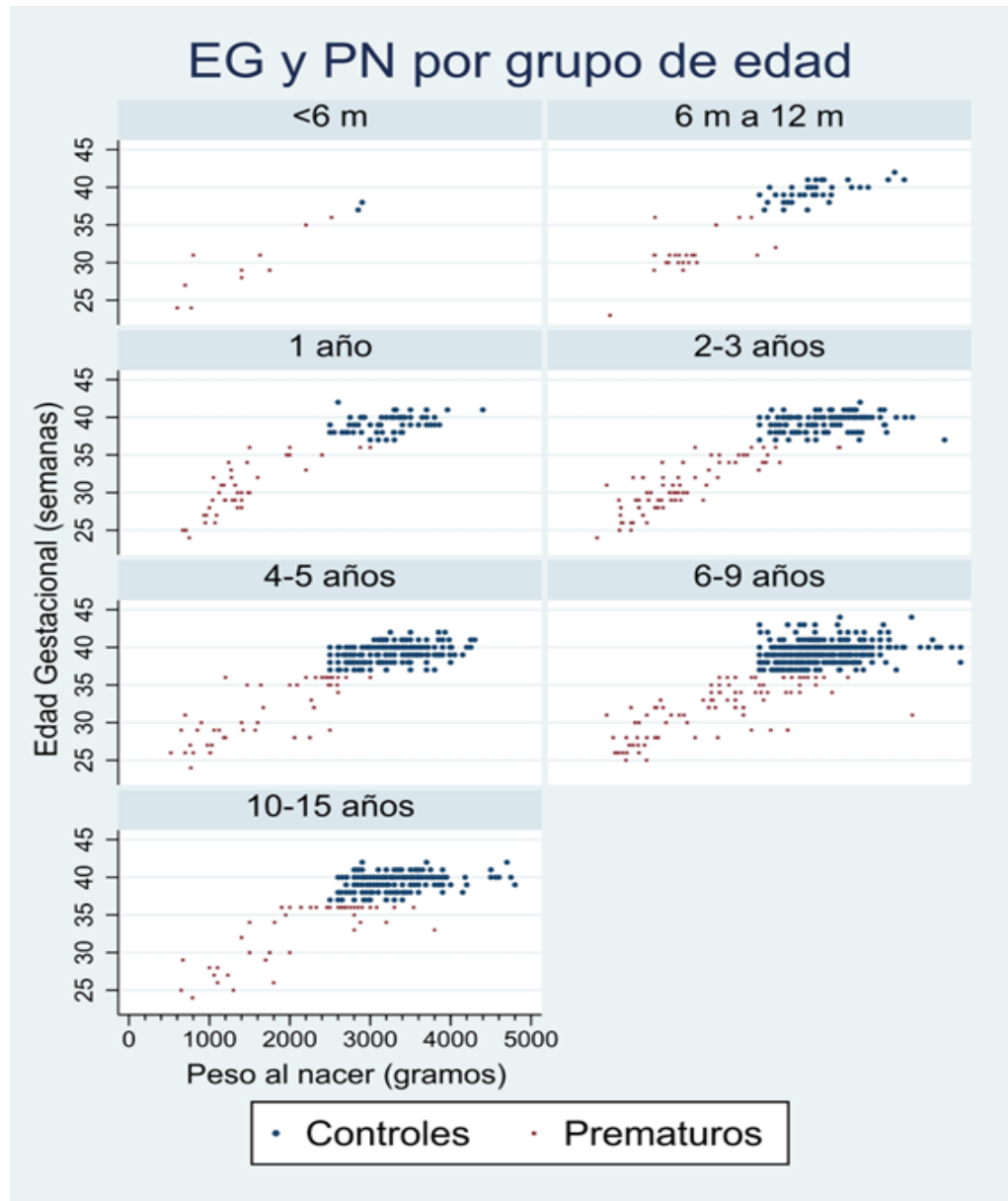


fig. 5 Nube de puntos de EG y PN por grupo de edad (controles y prematuros)

Como se puede observar encontramos mayor concentración de puntos de los prematuros en edad gestacional y peso al nacer inferiores en relación, con los controles, los cuales se localizan en todas las edades en edad gestacional (más de 37 semanas) y en peso al nacer (más de 2500g).

Distribución en función de raza y color de ojos

Prematuro	Raza						Color de ojos		
	Blanco	Latino	Negro	Oriente M	Oriental	Indio	Marrón	Azul	Verde
Control	784 59.04	157 11.82	25 1.88	40 3.01	317 23.87	5 0.38	1,096 82.53	153 11.52	79 5.95
Prematuro	254 74.05	44 12.83	3 0.87	7 2.04	34 9.91	1 0.29	289 84.26	37 10.79	17 4.96
Total	1,038 62.12	201 12.03	28 1.68	47 2.81	351 21.01	6 0.36	1,385 82.88	190 11.37	96 5.75

Tabla 1 Distribución de la muestra por raza y color de ojos

Variables relacionadas con la prematuridad

De los 343 prematuros, se pudo acceder al historial clínico de 227 y obtener información perinatal que se muestra a continuación:

Edad Gestacional	Gestación		FIV		Infección materna		Magnesio	
	Simple	Múltiple	No	Sí	No	Sí	No	Sí
EG hasta 27 s	37 68.52	17 31.48	43 87.76	6 12.24	30 61.22	19 38.78	41 83.67	8 16.33
EG entre 28 y 31 s	73 59.35	50 40.65	74 77.89	21 22.11	81 85.26	14 14.74	72 75.79	23 24.21
EG entre 32 y 36 s	114 72.15	44 27.85	67 80.72	16 19.28	76 92.68	6 7.32	80 100.00	0 0.00
Total	224 66.87	111 33.13	184 81.06	43 18.94	187 82.74	39 17.26	193 86.16	31 13.84

Tabla 2 Variables relacionadas con la prematuridad

La presencia de los factores de riesgo prenatales de infección materna y tratamiento con magnesio mostró asociación significativa con la edad gestacional($p<0.05$).

También se observó asociación significativa entre FIV y gestación múltiple ($p<0.05$):

Gestación	FIV		Total
	No	Sí	
Simple	123 93.18	9 6.82	132 100.00
Múltiple	59 64.84	32 35.16	91 100.00
Total	182 81.61	41 18.39	223 100.00

Tabla 3 Relación FIV con el tipo de gestación

Las complicaciones de la prematuridad mostraron asociación significativa con la edad gestacional.

Edad Gestacional	Displasia Broncopulmonar		Eco Transfontanelar						Alteración Neuropediátrica			Total
	No	Si	Normal	Dilatació	HIV I	HIV II	HIV III	HIV IV	Normal	Sin infor	Trastorno	
EG hasta 27 s	16 32.65	33 67.35	19 38.78	6 12.24	2 4.08	14 28.57	3 6.12	5 10.20	9 18.37	27 55.10	13 26.53	49 100.00
EG entre 28 y 31 s	83 87.37	12 12.63	82 84.54	3 3.09	5 5.15	5 5.15	1 1.03	1 1.03	26 26.26	63 63.64	10 10.10	99 100.00
EG entre 32 y 36 s	78 97.50	2 2.50	85 92.39	4 4.35	1 1.09	0 0.00	1 1.09	1 1.09	11 11.58	64 67.37	20 21.05	95 100.00
Total	177 79.02	47 20.98	186 78.15	13 5.46	8 3.36	19 7.98	5 2.10	7 2.94	46 18.93	154 63.37	43 17.70	243 100.00

Tabla 4 Relación edad gestacional con complicaciones de la prematuridad

Resultados de la AV y los parámetros oculomotores

Agudeza Visual

Grupo	Optotipo	N	Media	sd
Control	LEA grating test Binocular	123	6.455285	3.267455
	LEA symbols OD	189	.6425926	.2773989
	LEA symbols OS	189	.6131217	.2893468
	ETDRS OD	971	.5855819	.3715725
	ETDRS OS	970	.595134	.3679399
	LEA cerca OD	1113	.8339353	.4680504
	LEA cerca OD	1115	.841417	.4638773
Prematuro	LEA grating test Binocular	86	5.563953	3.052286
	LEA symbols OD	80	.711625	.2696056
	LEA symbols OS	80	.706375	.2709769
	ETDRS OD	155	.6418065	.3304218
	ETDRS OS	155	.6085806	.3453597
	LEA cerca OD	209	.8716268	.4002946
	LEA cerca OD	211	.8712796	.4280396

Tabla 5 Media de la AV según el grupo y dentro del cual el optotipo utilizado

Fijación

Calidad OD	Prematuro		Total	Calidad OI	Prematuro		Total
	Control	Prematuro			Control	Prematuro	
Mala	29 2.18	8 2.33	37 2.21	Mala	32 2.41	10 2.92	42 2.51
Moderada	45 3.39	11 3.21	56 3.35	Moderada	46 3.46	14 4.08	60 3.59
Estable	1,254 94.43	324 94.46	1,578 94.43	Estable	1,250 94.13	319 93.00	1,569 93.90

Tabla 6 Estudio de la fijación de OD y OI en relación con el grupo

En la exploración de la fijación Tabla 6. no se apreciaron diferencias significativas. En cuanto a la localización de la fijación, hubo una diferencia significativa para el ojo derecho, mostrando el grupo de control un mayor porcentaje de fijaciones excéntricas (1,88%) respecto al grupo de prematuros. La duración de la fijación no mostró diferencias significativas, aunque en el grupo de prematuros se detectó un porcentaje ligeramente superior de fijaciones esporádicas.

Sacadas

No hubo diferencias en la precisión ni el tiempo de reacción de la exploración de las sacadas.

Seguimiento

Tampoco se apreciaron diferencias entre grupo control y prematuros.

Nistagmo esporádico

Tampoco hubo diferencias.

Nistagmus	Prematuro		Total
	Control	Prematuro	
No	1,295 97.52	336 97.96	1,631 97.61
Sí	33 2.48	7 2.04	40 2.39
Total	1,328 100.00	343 100.00	1,671 100.00

Tabla 7 Estudio del Nistagmus según el grupo

Alineamiento ocular

Significación estadística en la proporción de alteración en el alineamiento ocular, con mejores resultados en el grupo de prematuros ($p=0,045$):

Orto	Prematuro		Total
	Control	Prematuro	
No	386 29.07	81 23.62	467 27.95
Sí	942 70.93	262 76.38	1,204 72.05
Total	1,328 100.00	343 100.00	1,671 100.00

Tabla 8 Estudio del alineamiento ocular según el grupo

Diagnósticos de patología oftalmológica y visual

Diferencias estadísticamente significativas con peores resultados en las proporciones de resultados anormales de la muestra control.

Desarrollo Visual Normal	Prematuro		Total
	Control	Prematuro	
No	677 50.98	132 38.48	809 48.41
Sí	651 49.02	211 61.52	862 51.59
Total	1,328 100.00	343 100.00	1,671 100.00

Tabla 9 Estudio del desarrollo visual normal en cada grupo

Exploración Oftalmológica Normal	Prematuro		Total
	Control	Prematuro	
No	831 62.58	175 51.02	1,006 60.20
Sí	497 37.42	168 48.98	665 39.80
Total	1,328 100.00	343 100.00	1,671 100.00

Tabla 10 Estudio de la exploración oftalmológica normal en cada grupo

Los resultados arrojaron una proporción significativamente mayor de daño cerebral visual, Tabla 11, en el grupo de prematuros.

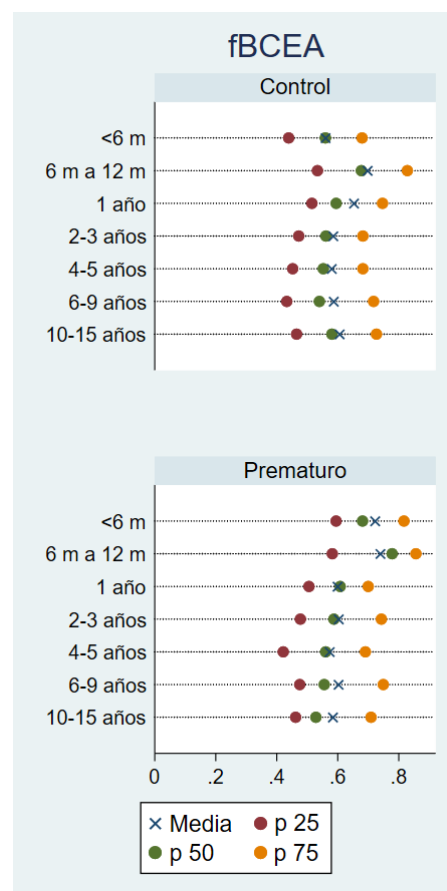
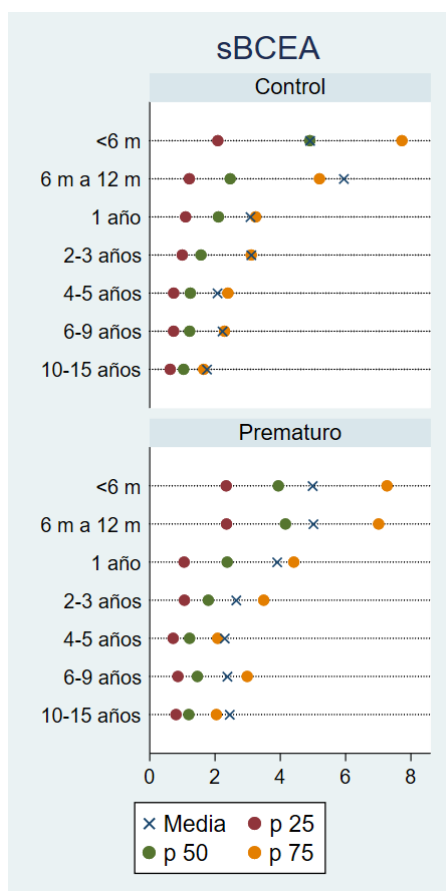
Daño Cerebral Visual	Prematuro		Total
	Control	Prematuro	
No	1,320 99.40	328 95.63	1,648 98.62
Sí	8 0.60	15 4.37	23 1.38
Total	1,328 100.00	343 100.00	1,671 100.00

Tabla 11 Estudio del daño cerebral visual en cada grupo

Resultados de los test de fijación y seguimiento del Eye Tracker

Empleamos los resultados de los test binoculares para el ojo derecho. Aunque también se realizaron pruebas monoculares, en los niños de más corta edad no se suelen completar quedando una muestra sin representación en las edades más bajas.

Los siguientes gráficos resumen los resultados obtenidos.



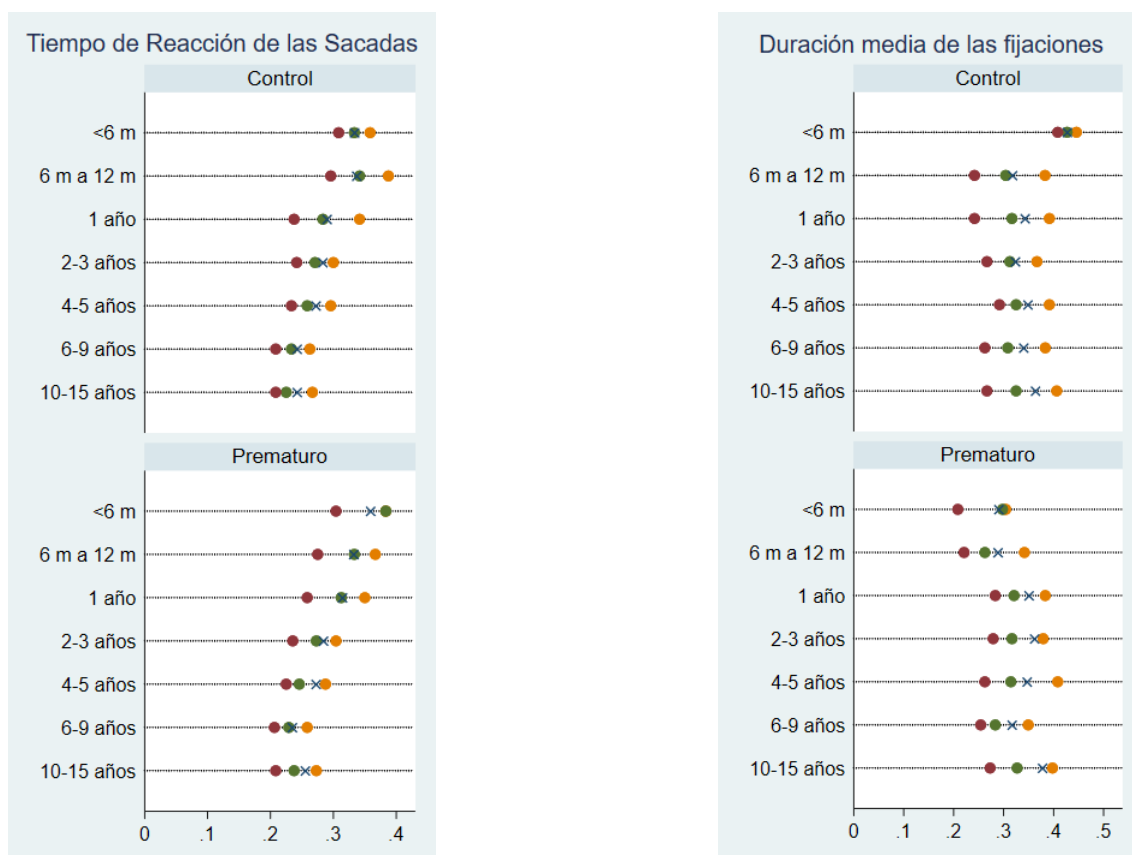


fig. 6 Representación de los estadísticos para las variables de control oculomotor obtenidas por el EyeTracker

El rango intercuartil es característicamente más amplio en las primeras edades en la sBCEA, y se va estrechando con el aumento de la edad. También con la edad los valores en la sBCEA tienden a disminuir y destaca un menor TRS con el incremento en la edad.

En las gráficas se puede apreciar un patrón similar en los índices descriptivos (media y percentiles) para cada grupo. Las diferencias en el comportamiento de las variables cuantitativas recogidas para medir la estabilidad de la fijación y de la mirada resultaron no significativas en un análisis de regresión lineal múltiple ajustando los grupos por edad.

5. Discusión

Como está representado en las fig.1 y fig.2, en cuanto a la variable sexo, tenemos que, tanto en el grupo de control, como en el de prematuros, el porcentaje de niños y niñas son semejantes para cada grupo de edad. Por otro lado, en la distribución de la edad, observamos que hay menor número de niños/as con edades inferiores a 1 año en ambos grupos de estudio y que la distribución representada por el polígono de frecuencias es desigual, con un promedio de edad mayor para el grupo control. Este hecho ha de ser tenido en cuenta a la hora de valorar los resultados. A medida que el niño tenga más edad, supone un aumento de la madurez, tanto a nivel cognitivo como visual. En el caso de un estudio realizado en el año 2018, se llega a la conclusión que la detección y discriminación ante una serie de estímulos visuales fueron significativamente más rápidas en niños mayores(Barsingerhorn, Boonstra and Goossens, 2018)⁷, pudiendo influir, en variables como la agudeza visual y los resultados de los parámetros obtenidos de la estabilidad de mirada.

Analizando la distribución de edad gestacional (fig.3) y el peso al nacer (fig.4), podemos observar, una amplia dispersión en el grupo de prematuros, tanto en una variable como la otra. Sin embargo, al pasar al grupo de control se aprecia que no sigue el mismo patrón, ya que los puntos se encuentran localizados en la misma franja tanto en la distribución de peso (sobre los 3kg-3.50kg) como en la de edad gestacional (36 semanas-40 semanas).

Al pasar a la Tabla 1 que contiene la distribución de la muestra por raza y color de ojos, nos percatamos que hay una predominancia de raza blanca en la muestra de prematuros, con un 74.05%, y en los grupos de control de un 59.04%. En este dato influye que la principal muestra de prematuros se obtuvo en el Hospital Miguel Servet de Zaragoza y la muestra control recibió más sujetos de los otros centros.

Otras de las variables investigadas en este estudio son los factores de riesgo maternos y la EG, representados en la Tabla 2. Se confirma lo comentado en la introducción y lo que muchos estudios verifican, que la gestación múltiple, la FIV, las infecciones maternas y la eclampsia influyen en la edad de gestación, con una estrecha relación entre FIV y gestación múltiple. Asimismo, la Tabla 4 muestra una mayor proporción de complicaciones en los grupos de menor EG.

Las proporciones en ambos grupos para desarrollo visual normal (Tabla 9) y exploración oftalmológica normal (Tabla 10) no mostraron diferencias, aunque este resultado puede estar sesgado por tratarse de una muestra control poco representativa, cómo se comenta más adelante.

La proporción en los dos grupos de daño cerebral visual (Tabla 11) es baja, pero significativamente mayor en el grupo de nacidos pretérmino (4,37 % frente a 0,60%), que presentarán un procesamiento más lento de la información visual y problemas para mantener la atención.

Influencia de la prematuridad sobre el control oculomotor

Centrándonos en las variables de exploración del control oculomotor, hay que destacar que no se aprecian diferencias significativas entre los dos grupos, es más, en la Tabla 8 respectiva al alineamiento ocular, observamos que los resultados del grupo de control son incluso peores que los del grupo de prematuros. Probablemente sea debido a que hemos utilizado una muestra control no representativa de la población general, cómo explicamos a continuación.

El método de reclutamiento determina un sesgo importante de selección que no podemos pasar por alto en nuestro análisis. En el ambulatorio se exploran muchos niños sanos, pero hay que recordar que en su mayoría llegan derivados por el pediatra porque presentan sospecha de diagnóstico de algún problema visual. En el hospital, al llegar derivados del ambulatorio, el sesgo es todavía mayor. Por tanto, la muestra control inicial no es representativa de la población normal. A diferencia de la muestra de prematuros, que al pertenecer en su mayoría a un área sanitaria dónde se realiza un programa de cribado a todos los nacidos antes de la semana 32 y menores de 1500 gramos, su representatividad de la población es mayor. Pero en nuestro caso de estudio, los prematuros entre 32 y 36 semanas de EG se ven afectados por el mismo sesgo hospitalario que la muestra control.

La relación entre el factor de estudio (prematuridad) y la respuesta en los valores registrados por el EyeTracker de la fijación de la mirada se puede ver afectada por terceras variables. En el análisis realizado se han señalado la edad y el sexo cómo variables de control que podrían sesgar el análisis estadístico de la relación estudiada. Hemos visto que las muestras no presentaban diferencias importantes en cuánto a sexo, pero sí en cuánto a edad.

En las fig. 6 podemos apreciar cómo la edad influye principalmente en la sBCEA y el TRS, aumentando la estabilidad de la mirada y disminuyendo el TRS. La influencia sobre la fBCEA es menor y escasa o nula sobre la duración media de las fijaciones.

6. Conclusiones

El desarrollo de herramientas no invasivas como el EyeTracker junto al diseño de test específicos que permitan evaluar el comportamiento oculomotor de forma objetivable representa una oportunidad de anticipación y precisión en el diagnóstico de disfunción cerebral visual.

Se tiene constancia de la gran relación entre los factores de riesgo maternos y la edad de gestación, verificándose con los datos obtenidos una mayor influencia de la infección materna y la eclampsia en nacimientos pretérmino de menor edad gestacional.

En el estudio se confirma la proporción mayor de complicaciones asociadas a la edad de gestación. A pesar del incremento de riesgo de lesiones cerebrales y trastorno del neurodesarrollo, el control de sacádicos y la fijación fue en gran medida normal en los niños prematuros.

La edad influye en la estabilidad de la mirada (sBCEA) y el TRS. Sin embargo, la influencia sobre la estabilidad de la fijación (fBCEA) es escasa. Al ajustar estadísticamente el factor edad, los resultados arrojaron una ausencia de diferencias significativas para las variables de control oculomotor proporcionadas por el EyeTracker.

Hay que destacar cómo debilidad en nuestro estudio el sesgo de selección que tiene una parte de la muestra, pudiendo afectar principalmente al grupo control, que no sería representativo de la población normal por tener sobrerepresentación de pacientes con patología oftalmológica como estrabismo y defectos refractivos.

Para futuros estudios debería definirse un grupo control de niños sin patología oftalmológica y ajustados por edad y sexo con el grupo de prematuros. También tiene interés estudiar si las diferencias pueden estar reflejadas en mayor medida en edades precoces y atenuarse con el desarrollo.

7. Bibliografía

1. Nacimientos prematuros. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/preterm-birth>.
2. Parikh, N. A. Advanced neuroimaging and its role in predicting neurodevelopmental outcomes in very preterm infants. *Semin. Perinatol.* **40**, 530–541 (2016).
3. Newsham, D., Knox, P. C. & Cooke, R. W. I. Oculomotor control in children who were born very prematurely. *Investig. Ophthalmol. Vis. Sci.* **48**, 2595–2601 (2007).
4. EXPRESS Group *et al.* One-year survival of extremely preterm infants after active perinatal care in Sweden. *JAMA* **301**, 2225–33 (2009).
5. Bolisetty, S. *et al.* Intraventricular hemorrhage and neurodevelopmental outcomes in extreme preterm infants. *Pediatrics* **133**, 55–62 (2014).
6. Bolisetty, S. *et al.* Neurodevelopmental outcomes of extremely preterm infants in New South Wales and the Australian Capital Territory. *J. Paediatr. Child Health* (2018) doi:10.1111/jpc.14323.

7. O'Connor, M. G., Cornfield, D. N. & Austin, E. D. Pulmonary hypertension in the premature infant: A challenging comorbidity in a vulnerable population. *Current Opinion in Pediatrics* vol. 28 324–330 (2016).
8. Dogra, M. R., Katoch, D. & Dogra, M. An Update on Retinopathy of Prematurity (ROP). *Indian Journal of Pediatrics* vol. 84 930–936 (2017).
9. Durán, S., Martínez Garay, C. & Camacho Montoya, M. Prevalencia de las disfunciones en los movimientos sacádicos, habilidades perceptuales visuales e integración visomotora en niños emétopes entre seis y siete años de estratos 1 y 2 de la ciudad de Bogotá. *Cienc. Tecnol. para la Salud Vis. y Ocul.* **11**, 13 (2013).
10. Almoqbel, F. M., Irving, E. L. & Leat, S. J. Visual acuity and contrast sensitivity development in children: Sweep visually evoked potential and psychophysics. *Optom. Vis. Sci.* **94**, 830–837 (2017).
11. Chevallier, M. *et al.* Leading causes of preterm delivery as risk factors for intraventricular hemorrhage in very preterm infants: results of the EPIPAGE 2 cohort study. in *American Journal of Obstetrics and Gynecology* vol. 216 518.e1–518.e12 (Mosby Inc., 2017).
12. Roberts, G., Anderson, P. J., De Luca, C., Doyle, L. W. & Victorian Infant Collaborative Study Group. Changes in neurodevelopmental outcome at age eight in geographic cohorts of children born at 22–27 weeks' gestational age during the 1990s. *Arch. Dis. Child. Fetal Neonatal Ed.* **95**, F90–4 (2010).
13. Strand-Brodd, K. *et al.* Development of smooth pursuit eye movements in very preterm infants: 1. General aspects. *Acta Paediatr.* **100**, 983–91 (2011).
14. Almutairi, A., Cochrane, G. D. & Christy, J. B. Vestibular and oculomotor function in children with CP: Descriptive study. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* **119**, 15–21 (2019).
15. von Hofsten, C. & Rosander, K. Development of smooth pursuit tracking in young infants. *Vision Res.* **37**, 1799–810 (1997).
16. Salvucci, D. D. & Goldberg, J. H. Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. in *Proceedings of the Eye Tracking Research and Applications Symposium 2000* 71–78 (ACM Press, 2000). doi:10.1145/355017.355028.

Automatic Exploration of the Visual Function - DIVE-Medical (no date). Available at: <https://dive-medical.com/> (Accessed: 14 July 2020).

8. Anexos

preLogo	PATIENT SHEET				Register confirmation <input type="checkbox"/>	
	Dr. name		Dr. ID		Tech. name	Tech. signature
Patient ID					Date of birth	dd/mm/yyyy
Infant hospital record number					Date of visit	dd/mm/yyyy

Section 1. Medical history	GA: w	BW: g	Pregnancy	<input type="checkbox"/> Single <input type="checkbox"/> Multiple	Gender	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F
	Ethnicity	<input type="checkbox"/> White <input type="checkbox"/> Latin American <input type="checkbox"/> African Black <input type="checkbox"/> Oriental <input type="checkbox"/> Indian				
	Eye color	<input type="checkbox"/> Blue <input type="checkbox"/> Green <input type="checkbox"/> Brown				
	Perinatal diseases:					
	Medical diseases/ treatments:					

Section 2. Ophthalmic history	Amblyopia		Patching	Optical correction			
	OD	<input type="checkbox"/> Dx. Date: yyyy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sph	Cyl	Ang
	OS	<input type="checkbox"/> Dx. Date: yyyy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sph	Cyl	Ang
	Others						

Section 3. Assessment of fixation pattern and visual acuity							
Fixation test							
Monocular	Quality		Location		Duration		Occlusion nystagmus
OD	<input type="checkbox"/> Steady <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Poor	<input type="checkbox"/> Central <input type="checkbox"/> Eccentric	<input type="checkbox"/> Maintained <input type="checkbox"/> Sporadic	<input type="checkbox"/>			
OS	<input type="checkbox"/> Steady <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Poor	<input type="checkbox"/> Central <input type="checkbox"/> Eccentric	<input type="checkbox"/> Maintained <input type="checkbox"/> Sporadic	<input type="checkbox"/>			
Follow test		Spontaneous nystagmus	Saccadic reaction time		Saccadic accuracy		
<input type="checkbox"/> Fix and follow <input type="checkbox"/> Fix, not follow		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Prolongued		<input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Imprecise		
Preferential looking (preverbal children)		Visual acuity (verbal children)					
LEA grating test	Binocular	cpg	Distance	Lea	ETDRS	Near	Lea 65 cm
	OD	cpg		OD	OD		OD
	OS	cpg		OS	OS		OS

Section 4. Ocular alignment and ocular motility							
Cover - uncover test				Versions and ductions			
OD	<input type="checkbox"/> Orto <input type="checkbox"/> ET <input type="checkbox"/> XT <input type="checkbox"/> HT <input type="checkbox"/> HoT <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/> Ho	Defect description:					
OS	<input type="checkbox"/> Orto <input type="checkbox"/> ET <input type="checkbox"/> XT <input type="checkbox"/> HT <input type="checkbox"/> HoT <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/> Ho						
Binocular preference		<input type="checkbox"/> No preference <input type="checkbox"/> OD preference <input type="checkbox"/> OS preference					

Section 5. Stereoacuity evaluation	Titmus	Housefly	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	Circle section	" of arc
------------------------------------	--------	----------	--	----------------	----------

Section 6. Binocular red reflex				Focal defect
OD	<input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> White <input type="checkbox"/> Attenuated <input type="checkbox"/> Increased brightness			<input type="checkbox"/>
OS	<input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> White <input type="checkbox"/> Attenuated <input type="checkbox"/> Increased brightness			<input type="checkbox"/>

Section 7. Anterior segment				Normal
OD				<input type="checkbox"/>
OS				

Section 8. Cycloplegic refraction				BCVA					BCVA
OD	Sph	Cyl	Ang		OS	Sph	Cyl	Ang	

Section 9. Ophthalmoscopy							
	Optic disc			Posterior pole			
	Pallor	Blurred margins	Other anomalies	Absence of foveal reflex		Other anomalies	
OD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
OS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Vitreous			Periphery			
OD							
OS							

OPHTHALMIC DIAGNOSIS	OD	OS
1. Normal ophthalmic assessment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Disorders of the ocular adnexa or orbit		
2.1. Malpositions of eyelids	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2. Others	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Disorders of the eyeball - anterior segment		
3.1. Disorders of conjunctiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2. Disorders of the cornea		
3.2.1. Hereditary corneal dystrophies	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Visual axis involved	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Visual axis involved
3.2.2. Keratitis or corneal ulcer	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Visual axis involved	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Visual axis involved
3.2.3. Corneal scars or opacities	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Visual axis involved	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Visual axis involved
3.2.4. Others	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Visual axis involved	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Visual axis involved
3.3. Disorders of the anterior uvea	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.4. Disorders of the pupil		
3.4.1. Anisocoria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.4.2. Unilateral pupil disorder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.4.3. Bilateral pupil disorder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.5. Disorders of lens		
3.5.1. Congenital cataract	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Visual axis involved	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Visual axis involved
3.5.2. Acquired cataract	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Visual axis involved	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Visual axis involved
3.5.3. Others	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Visual axis involved	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Visual axis involved
4. Disorders of the eyeball - posterior segment		
4.1. Inherited retinal dystrophies	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Macula involved <input type="checkbox"/> Vitreous opacities	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Macula involved <input type="checkbox"/> Vitreous opacities
4.2. Retinopathies		
4.2.1. Retinopathy of prematurity	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Macula involved <input type="checkbox"/> Vitreous opacities	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Macula involved <input type="checkbox"/> Vitreous opacities
4.2.2. Others	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Macula involved <input type="checkbox"/> Vitreous opacities	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Macula involved <input type="checkbox"/> Vitreous opacities
4.3. Inflammatory diseases of the retina	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Macula involved <input type="checkbox"/> Vitreous opacities	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Macula involved <input type="checkbox"/> Vitreous opacities
4.4. Retinal detachments or breaks	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Macula involved <input type="checkbox"/> Vitreous opacities	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Macula involved <input type="checkbox"/> Vitreous opacities
4.5 Vascular disorders	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Macula involved <input type="checkbox"/> Vitreous opacities	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Macula involved <input type="checkbox"/> Vitreous opacities
5. Disorders of both anterior and posterior segments		
5.1. Albinism	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.2. Eyeball deformity	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Disorders of the visual pathways or centres		
6.1. Disorder of the optic nerve	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.2. Disorder of optic chiasm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.3. Disorder of post chiasmal visual pathways (CVI)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Strabismus or ocular motility		
7.1. Strabismus endotropia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2. Strabismus exotropia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.3. Other strabismus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.4. Nystagmus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.5. Impaired oculomotor control	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.6. Others	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Disorders of refraction	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Impairment of visual functions		
9.1. Amblyopia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.2. Impairment of visual field	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.3. Impairment of color vision	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Nonorganic visual loss	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VISUAL FUNCTION DIAGNOSIS	OD	OS
1. Normal visual development	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Abnormal visual development	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>